

美能超滤膜产品技术手册

美能材料科技有限公司

Memstar Technology Ltd.



美能超滤膜产品技术手册

Memstar Technology Ltd.
10 Science Park Road，＃02-10，
Science Park Ⅱ，Singapore 117684
Tel： ＋65 67752512 Fax：＋65 67752513

广州美能材料科技有限公司
地址：广州市天河区车陂路黄洲工业区 7 栋
邮编：510660
电话：＋86 20 28872310
传真：＋86 20 38601857

绵阳美能材料科技有限公司
地址：四川省绵阳市科教创业园区创业大道中段 249 号
邮编：621000
电话：＋86 816 8072777
传真：＋86 816 8072770



声　明

美能材料科技有限公司明确声明：

- 作为高效 PVDF 中空纤维膜制造商，美能材料科技有限公司（Memstar Technology Ltd.）准备了这本技术手册作为美能 PVDF 超滤膜产品选择和超滤系统设计的依据。在使用本公司产品之前，请认真阅读本技术手册。当您开始使用本公司的膜产品时，本公司认为您已经认真阅读了本手册。
- 本手册中提供的参数仅作为应用参考，用户应该根据实际过程需要建立自己的操作条件。在未考虑进料性质的情况下不要直接使用本手册中的参数。本公司所建议的工艺条件与参数不能作为对产品的安全性与适用性的保证。
- 对于本公司控制之外的产品使用（超出规定的极限条件、结垢、撞击、污染物超出规定要求），以及由此产生的错误和疏漏，本公司不保证产品的最终性能，并对此不负任何责任。
- 本技术手册资料仅保证在发行时的正确性，不直接提供今后进行的更新信息，如果客户期望获得任何更新信息或有特殊的技术问题，建议登陆 MEMSTAR 网站(www.memstar.com.sg)，也可同我们的销售和技术服务部门联系。
- 美能材料科技有限公司拥有本技术手册的版权，手册中的资料未经美能材料科技有限公司准许不得翻录。
- 本手册的最终解释权归美能材料科技有限公司所有。

第一章　美能材料科技有限公司简介

1.1　公司概况

新加坡美能材料科技有限公司（Memstar Technology Ltd.）是专业从事中空纤维膜及相应产品的研究、开发和制造的高科技公司，凭借美能研究中心多年的研发经验、技术积累以及在中国广州及绵阳的制造基地，美能成为世界上为数不多的高效中空纤维膜制造商之一。

美能公司秉承新加坡在水处理技术及应用方面的研究优势，在新加坡和中国建有两个研究中心，并受到新加坡经济发展局（EDB）的支持。公司的知识产权包括已经和正在批准的多项技术和发明专利，以及产品设计、制造方面的专有技术。美能公司致力于研究与开发高性能、高通量、抗污染、低能耗的中空纤维膜及工业和民用水处理净化设备。

美能公司的膜产品在工业、民用及商业领域得到广泛应用。工业应用产品包括压力式中空纤维膜组件和浸入式膜组件，可应用于海水淡化、自来水、食品、制药、石油、化工、电力等行业的给水/污水处理，实现水的回用，同时可用于其它相关分离过程。家用/商用净水设备包括膜净水器或集成水净化系统，适用于家庭、商用楼、小企业、酒店、学校、医院等的供水。

1.2　品质保证

美能依靠世界领先的膜研究手段和精密控制的自动化生产线，恰当地设计品质管理系统，严格、精确地控制纺丝和组件生产环节的每一个细节，最大限度地保证最终产品性能。



CEPREI
Quality Management System Certificate
(Original)
This is to certify that
MEMSTAR (GUANGZHOU) CO., LTD.
In the following location:
1ST FLOOR, BUIDING 7, HUANGZHOU INDUSTRIAL PARK, CHEBEI ROAD, TIANHE DISTRICT, GUANGZHOU, GUANGDONG, CHINA.
Postcode:510660
Has implemented and maintains a Quality Management System for the following scope:
DESIGN, MANUFACTURING AND SERVICE OF HOLLOW FIBER MEMBRANE MODULE FOR WATER FREATMENT
This Quality Management system complies with the requirements of:
GB/T 19001-2000 idt ISO 9001:2000
Registration Number: 01206Q10184R0S
Initial Issuance Date: March 15, 2006
Issue Date: March 15, 2006
This certificate is valid during: March 15, 2006 - March 14, 2009
Director:
03/15/2006
CEPREI CERTIFICATION BODY
The annual surveillance status is as follows:
CNAB012-Q

中华人民共和国卫生部
国产涉及饮用水卫生安全产品卫生许可批件

产品名称	美能牌DUE超滤净水器
型号	DUE
产品类别	水质处理器
生产企业	广州美能材料科技有限公司
地址	广州市天河区车陂路黄洲工业区
审批结论	经审核，该产品符合《生活饮用水卫生监督管理办法》的有关规定，现予批准。
批准文号	卫水字(2006)第0117号
批准日期	2006年08月31日
批件有效期	截至 2010年08月30日
附件	产品说明、主要成分或部件、使用范围和注意事项

请于批件有效期届满前30个工作日提出延续申请
中华人民共和国卫生部

图 1—1　认证证书

美能材料科技有限公司大力导入现代管理理念，强调标准化管理，严格按照 ISO9000、ISO14000 和 OHSAS18000 等国际标准建立质量、职业健康安全与环境管理体系。公司在中空纤维超滤产品的全生产过程中，严格依据国际标准的要求进行全程管理和控制，涵盖设计控制、采购控制、进货检验、生产过程控制与成品检验、产品标识控制和产品防护控制等各个过程。这些严格的程序使得美能膜产品具有良好的纤维强度、一致的孔径分布、超强的化学稳定性和高度抗污染能力，以及卓越的安全、卫生性能，树立了其高端品质的形

象。公司努力通过持续优化技术、品质、管理及人力资源，使公司最终成为国际同行业领先水平的优秀企业。

1.3 研发与服务

美能公司高科技的产品和服务，源于公司拥有的持续创新能力。公司秉承新加坡在水处理技术及应用方面的研究优势，在新加坡和中国建有两个研究中心。中心拥有多名世界分离膜领域的一流专家，水和废水处理及家用净水器业界的优秀人才，配置了各类尖端仪器设备，为产品开发和服务用户提供必要且充足的支持。

美能研究中心的尖端设备，包括表征膜孔径和膜结构的系列仪器，如孔径测定仪、扫描电镜、通量测定仪、泡点仪、傅立叶变换红外光谱仪等；表征亲水性的接触角测定仪，进行水质全分析的原子吸收光谱仪、GCMS、离子色谱仪、高效液相色谱、TOC 测定仪、紫外扫描分光光度计、颗粒仪、浊度仪、SDI 测定仪等；表征组件安全和卫生性能的水锤试验装置、微生物检测装置；膜产品长期运行性能的中试与评价装置等。


新加坡研发中心



扫描电镜


接触角测定仪



粒度分析仪


GCMS



TOC 测定仪

美能公司承诺为客户提供各类技术服务，包括：

- 膜应用过程的技术交流与技术服务；

- 膜污染的原因分析与解决建议；
- 工程现场的技术指导以及膜相关异常情况的紧急处理措施建议。

第二章　超滤膜分离技术简介

超滤（简称 UF）是一种固液分离的技术，它的核心是一种膜俗称超滤膜。超滤是以压力为推动力，利用超滤膜不同孔径对液体进行分离的物理筛分过程，具有常温、低压、无相变、能耗低、效率高、操作简便等特点，目前在饮用水净化、工业用水处理、饮料、生物、食品、医药、环保、化工、冶金、石油等许多方面已得到广泛应用。

2.1　膜分离过程分类

在膜法液体分离技术领域，从分离精度上划分由粗到精分为四类：微滤（MF）、超滤（UF）、纳滤（NF）和反渗透（RO），如图 2-1。

微滤（Microfiltration），简写为 MF，截留颗粒直径 0.1 到数微米之间。微滤膜允许大分子和溶解性固体（无机盐）等通过，但会截留悬浮物、细菌及大分子量胶体等物质。微滤操作压力一般在 0.01～0.2MPa 之间。

超滤（Ultrafiltration），简写为 UF，截留颗粒直径 0.002～0.1μm 之间。超滤允许小分子物质和溶解性固体（无机盐）等通过，同时截留下胶体、蛋白质、微生物及大分子有机物，用于表示超滤膜孔径大小的切割分子量一般在 1,000～500,000 之间。超滤操作压力一般在 0.05～0.6MPa 之间。

纳滤（Nanofiltration），简写为 NF，截留颗粒直径约 0.001μm（1nm）。纳滤膜的操作区间介于超滤和反渗透之间，其截留有机物质的分子量约为 200～800 左右，截留溶解性盐类的能力为 20%～98%之间，对可溶性单价粒子的去除率高于高价离子，一般用于除去地表水的有机物和色素、地下水的硬度和部分溶解盐、食品和医药生产中有用物质的提取、浓缩等。纳滤操作压力一般在 0.5～1.5MPa 之间。

反渗透（ReverseOsmosis），简写为 RO，截留颗粒直径小于 0.001μm（1nm）。反渗透能有效截留所有的溶解盐份及分子量大于 100 的有机物，同时允许水分子通过，主要用于苦咸水及海水淡化，锅炉补给水，工业纯水及饮用纯净水生产，废水处理。反渗透操作压力一般在 1～10MPa 之间。

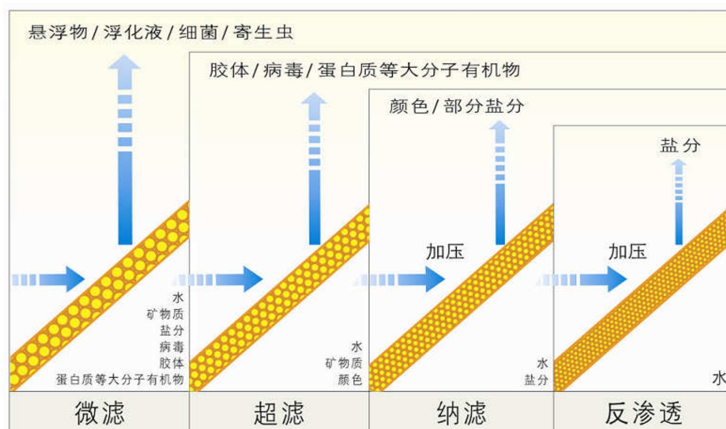


图 2-1　膜分离功能示意图

2.2　超滤基本原理

超滤是一种以膜两侧的压力差为驱动力，以超滤膜为过滤介质，与膜孔径大小相关的筛分过程。超滤膜

表面的微孔只允许水及小分子物质通过而成为透过液，而体积大于膜表面微孔径的物质则被截留在膜的进液侧，成为浓缩液，从而实现对原液的净化、分离和浓缩的目的，如图 2-2。

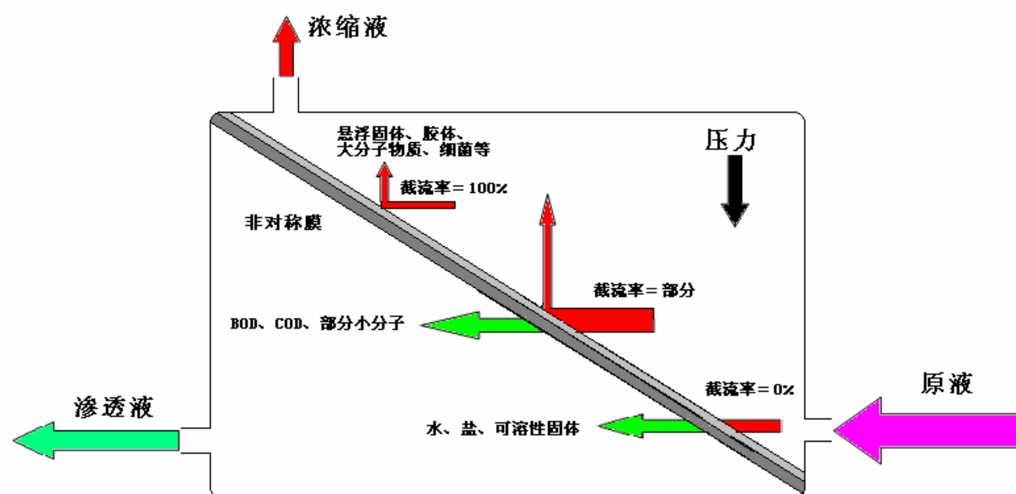


图 2-2　超滤膜的截留范围

超滤可以将原液中的胶体物质、大分子物质、颗粒、细菌、病毒和原生动物等进行截留，通过浓缩液排放、反冲洗和化学清洗而去除。

2.3　超滤相关术语

原　　水： 指未经过处理的地下水、地表水和海水，在膜法水处理中也包括城市自来水。

水 通 量： 是指在 25℃水温和 0.1MPa 水压下，单位时间内、单位膜面积所透过纯水的体积。（单位：升/小时.平方米.0.1MPa）

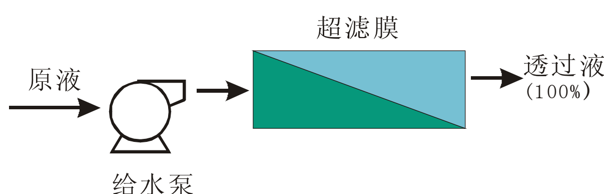
载留率（Ro）与切割分子量（MWCO）： 膜丝上微孔的形状和大小并非完全一致，常使用截留率和切割分子量两个参数共同衡量，截留率是指溶液中被截留的特定溶质的量所占溶液中特定溶质总量的比率。当 90%的溶质被膜截留时，在截留曲线所对应该类溶质的最小分子量即为该膜的切割分子量。超滤膜的孔径大约在 0.002 至 0.1 微米之间，其对应的切割分子量约为 1，000—500，000。

孔径分布： 相同切割分子量的超滤膜因膜丝上孔径大小分布的不同，其分离的效果也会有所差异，通常使用泡压法来测定超滤膜的孔径的分布，超滤膜上的孔径大小应均匀一致，孔径分布曲线窄，截留性能敏锐，选择性好。

泡点测试： 泡点是用来测试监控膜性能及膜组件完整性的一种常用方法。泡点是指膜完全浸润并浸泡在液体中，从膜的一边加以一定压力的气体，从膜的另一边开始出现连续起泡时的最低压力。泡点测试常常用来检测膜的最大孔径。

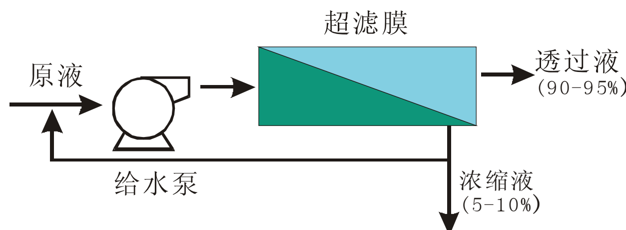
断裂强度与伸长率： 超滤膜的机械强度大小反映了膜丝抵抗断丝的能力，断丝使超滤膜失去分离性能，是评价超滤膜质量优劣的一项重要指标，机械强度由膜丝的断裂强度和伸长率来表征。一般使用电子单纱测力仪测量单根膜丝的断裂强度和伸长率。

死端过滤： 原液中的水分子全部渗透过超滤膜，没有浓缩液流出，当原液中被分离物质浓度很低时，



为了降低能耗，通常采用死端过滤，或称为全量过滤。

错流过滤：在过滤时有一部分的浓缩液体从超滤膜的另一端排掉，当原液中能被膜截留的物质浓度很高时，膜的过滤阻力增长很快，此时多采用错流过滤。



内压式过滤：原液先从膜丝内孔进，经压力差驱动，沿径向由内向外渗透过中空纤维成为透过液，而截留的物质汇集在中空纤维膜丝的内孔时为内压式过滤。

外压式过滤：原液经压力差驱动沿径向由外向内渗透过中空纤维膜丝成为透过液，而截留的物质汇集在中空纤维膜丝的外部时为外压式过滤。

跨膜压差：表示水透过膜的实际所需的驱动力，计算为原水侧的平均压力与产水侧平均压力的差。

回 收 率：单位时间超滤净水产量（去除反洗所需用水量）与总原水量的比值 R。

污　　染：被膜截留而沉积在膜表面的固体物质。污染常常导致膜通量的衰减。通常需要采用化学或者物理方法清除膜表面的污染物，恢复膜通量。

反　　洗：将超滤透过液从膜丝内侧（产水侧）在一定压力作用下流向膜丝外侧（原水侧）。

浓差极化：引起被截留的悬浮物在膜表面聚集的现象。通常提高膜丝表面液体的切向流速可以有效降低浓差极化的现象。

亲 水 性：亲水性膜材料对水有较强的亲合力，膜的表面很自然的具有润湿的特性。

疏 水 性：膜材料对水的排斥特性。疏水性膜材料具有很低的吸水性能，因此在表面水常呈颗粒状。常用接触角表征材料的亲水性或者疏水性。

2.4　超滤膜材料

可以用来制造超滤膜的材料很多，包括聚偏氟乙烯（PVDF）、聚醚砜（PES）、聚丙烯（PP）、聚丙烯腈（PAN）、聚氯乙烯（PVC）等。90 年代初，聚醚砜在商业上取得了应用，而 90 年代末，性能更优越的聚偏氟乙烯（PVDF）超滤膜开始被广泛地应用于水处理行业。目前聚偏氟乙烯（PVDF）和聚醚砜（PES）成为制造中空纤维超滤膜的重要材料。

2.5　超滤膜的应用

近 30 年是超滤技术迅速发展的时期，超滤分离技术被广泛地应用于饮用水制备、食品工业、制药工业、工业废水处理（如制革废水、电镀废水、线路板废水等）、金属加工、生物产品加工、石油加工等领域。

大规模的水处理通常集中在以下方面：饮用水供水终端、地表水处理、海水淡化和污水回用。

- 饮用水处理

由于对饮用水的质量要求越来越严格，水处理公司投入越来越大的精力来控制供水管网中存在的微生物的量。为了做到这一点，一种方法是进行昂贵、频繁的水质检验，另外就是在供水终端设置防止细菌和病毒进入的屏障。

采用 UF 系统，可以非常方便的建成这样的屏障。超滤膜对细菌的去除率可以达到 6log，对于病毒的去除率达到 4log，因此水厂和用水者都不必再担心细菌和病毒的问题。由于饮用水的质量本身就很高（浊度和悬浮固体都非常低），因此此时的膜系统可以采用很高的膜通量。同时较高的入水条件，因此反冲频率和化学加强反洗的频率都可以非常低，产水量可以达到 99%。如果需要还可以设立二级超滤系统，将第一级的反洗水进一步回用。

- 地表水处理

超滤系统可用在地表水处理上，处理后的水用于灌溉或作为反渗透的进水，来制备纯净水。

- 海水淡化预处理

世界上很多沿海地区淡水资源比较缺乏，解决的方法是将海水淡化制取淡水。最早人们通常采用蒸馏技术，从十九世纪 60 年代，反渗透等技术被用于这些地区的缺水问题。但是，许多反渗透海水淡化系统面临着反渗透膜污染严重的问题。主要因为反渗透系统的传统的预处理方法无法提供可靠的进水水质。超滤系统可以非常有把握的控制海水的水质，为反渗透系统提供高质量的入水，保证反渗透系统的稳定运行。

- 污水回用

随着工业发展，水质污染情况日益严重，同时淡水资源越来约缺少。超滤为污水的回用提供了一种有吸引力的解决办法。城市污水经超滤处理后，完全可以做为工业用水，甚至是饮用水来使用。除了上面的应用外，超滤技术还应用在其他领域，如表 2-1 所示：

表 2-1　超滤技术应用及前景

领域	应用现状及前景
含油废水的处理	已普遍用于金属加工，罐头生产工业的含油废水处理，炼油工业废水及其他领域含油废水处理过程。
胶乳的回收	已普遍用于胶粘剂工业中废液的处理，浓缩并回收其中的苯乙烯、丁二烯、PVC 等胶乳。
造纸工业废液处理	还未广泛采用，在日本和斯堪的纳维亚半岛的某些造纸厂已被采用。白水的前景较好。
家庭污水处理	在旅馆、办公楼、住宅楼已被采用。在新建的 500 户以上大的住宅楼有可能实现小规模的水循环，即用超滤处理过的生活污水冲洗厕所等。
高纯水的制备	已广泛用于电子工业集成电路生产过程中，主要采用中空纤维组件，膜渗透流率大，能耗低。也用作医药工业用水。
回收乳清中的蛋白质	乳清超滤是乳品工业中应用最大的一个领域，大的超滤膜面积 1800m2，日处理乳清 1000m3。
牛奶超滤以增加奶酶得率	应用超滤的奶酶生产新工艺正逐步取代传统工艺。潜在的经济效益大。顾客能否接受是主要问题。
果汁的澄清	在北美的水果加工业已普遍采用。以其高质量、低能耗而具有好的前景。

明胶的浓缩	在食品厂已采用。多数处于实验室或中试水平，但发展很快。
浓缩蛋清中的蛋白质	处于小规模实验水平。
屠宰动物血液的回收	回收血液成分将具有很大的市场。该应用在技术上已具有可行性，但工业守旧性、常规标准使它很少应用，十年后可能会有改观。
食用油的精炼	有广泛的应用前景。
蛋白质的回收	已用于植物蛋白回收，将推广至海藻等浮游生物蛋白的回收。
医药产品的除菌	已普遍应用于医药和葡萄糖生产厂家。
生物技术工业的应用	与其他过程相比，从发酵液中分离和浓缩具有生物活性的组分，超滤具有能保持其生物活性回收率高的优点，因而具有很强的竞争性。在这一领域的应用将随基因工程技术产业的增长而增长。
酶的提取	已广泛用于浓缩葡萄糖氧化酶、膜蛋白酶、凝乳酶、果胶酶。
激素的提取	已用于浓缩以基因工程菌生产的新物质如干扰素、生长激素、人工胰岛素。
从血液中提取血清白蛋白	为提取血清蛋白的重要过程。
回收病毒	处于实验室研究水平。
从发酵液中分离菌体	处于实验室研究水平。
从发酵液中分离苯丙氨酸	采用新型荷电超滤膜的分离方法，处于实验研究水平。

美能 MEMSTAR

第三章　美能材料科技有限公司 PVDF 中空纤维超滤膜

3.1　美能中空纤维超滤膜材料

表 3-1 是常用中空纤维超滤膜材料的性质。

表 3-1　中空纤维超滤膜常用成膜材料性质比较

材料名称	聚偏氟乙烯	聚醚砜	聚氯乙烯	聚砜	聚丙烯	聚丙烯腈
密度，g/cm^3	1.75～1.78	1.37	1.40	1.24	0.905	1.184
结晶性	结晶性聚合物,结晶度 68%	无定形	部分结晶性聚合物，结晶度 35～40%	无定形	高结晶性聚合物，结晶度～95%	无定形
玻璃化温度，Tg，℃	-39	220～225	87	190	-20	95
熔融温度 Tm，℃	174	—	212	—	160~175	317
长期使用温度，℃	-40～125	-100～170	<80	-100～150℃	<120	-
氧指数，%	44		33～34	>30。高温下可耐氧及臭氧之劣化。	17.8	-
抗张强度，MPa	30～50	83	48～69	70	35	62
断裂伸长，%	20～50	25～75	25～50	50～100	10	3～4
耐酸碱性	良好。在室温下不被酸、弱碱、强氧化剂所腐蚀。	耐强酸、强碱性能良好。	耐强酸、强碱性能中等。	耐强酸、强碱性能良好。	优秀。除氧化性酸有腐蚀作用外，能耐多数酸碱。	耐强酸、强碱性能中等。
耐有机溶剂性能	除酮、有机胺、DBP、DMAc、DMSO 等强极性有机溶剂能使其溶解或溶涨外，能耐其他大部分溶剂。	中等。不耐芳烃、卤代烃、极性非质子溶剂等。脂肪醇能使其溶涨。NMP、DMF、DMAC 使其溶解。	良～差。低分子量的易溶于酮类，酯类和氯代烃类等溶剂。高分子量的难溶。	差。不耐芳烃、卤代烃、极性非质子溶剂等。脂肪烃、脂肪醇有溶涨作用。NMP、DMF、DMAC、CH2Cl2、PhCl 等能使其溶解。	低分子量的烃类和氯化烃等能使 PP 软化和溶胀。	溶于 DMF、硫氰酸盐溶液，不溶于乙醇、丙酮、苯和四氯化碳。对普通化学药品稳定。
耐油脂	好	良	差	良	好	良
耐日光性	好	差	良	差	差。对紫外线敏感	中等
总体评价	好	好	中	中	中	差

美能材料科技有限公司以 PVDF 为基础膜材料，经过特殊的亲水化处理，使美能的膜丝在保持 PVDF 优良特性（如耐温、耐氧化、耐光老化、耐酸碱、耐化学药品、耐污染等）的基础上，增加了表面亲水性（如图 3-1），使美能膜丝具有更好的通量和抗污染性能。表 3-2 为美能 PVDF 超滤膜材料的亲水性能与常用超滤膜材料亲水性能比较。

表 3-2　不同超滤膜材料的亲水性（接触角数据）

膜材料	接触角
聚醚砜	67°
聚丙烯	103～108°
聚砜	89°
聚氯乙烯	70～85°
PVDF	79～90°
美能改性 PVDF 膜	30～35°
注：上述数值来自不同的文献报道。不同的人测试结果会有所差异。	



图 3-1　美能 PVDF 膜材料的动态接触角测试图

成膜材料的化学稳定性决定了膜在酸碱、氧化剂、微生物等的作用下的寿命，另外直接关系到清洗可以采用的方法。同其它常用制膜材料相比较，美能材料科技有限公司采用的聚偏氟乙烯（PVDF），化学稳定性优异，膜耐次氯酸纳等氧化剂的能力在其它材料的 10 倍以上，体现出了其作为膜材料的优越性。

3.2　美能 PVDF 超滤膜特性

- **良好的亲水性**

美能 PVDF 超滤中空纤维膜经过特殊的亲水化处理，膜丝具有永久的亲水性能，水解触角由未改性前的 79～90° 降为 30～35° 。可以在较低的跨膜压力下，得到高的水通量，同时提高膜丝的耐污染性能。

- **过滤精度高**

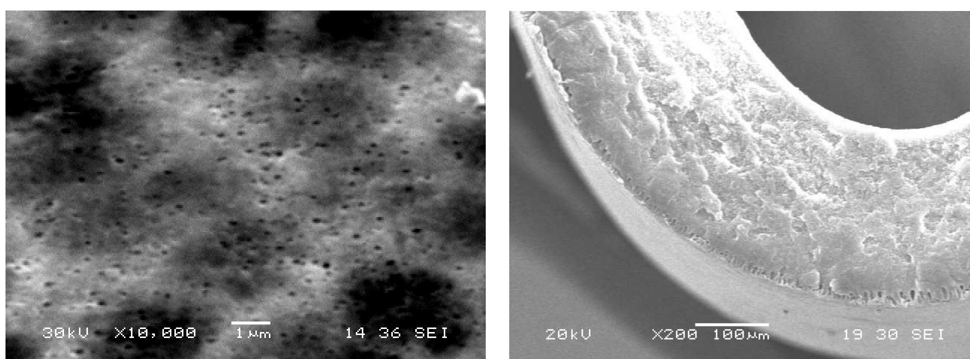


图 3-2　美能 PVDF 超滤中空纤维膜外表面和截面孔结构

美能中空纤维超滤膜具有均匀的小于 0.1μm 的微孔（如图 3-2），可以除去微生物、胶体、藻类以及其他引起浑浊的物质。

● **良好的机械强度**

超滤膜的机械强度大小反映了膜抵抗断丝的能力，是评价超滤膜质量优劣的一项重要指标，机械强度由膜的断裂强度和断裂伸长率来表征。

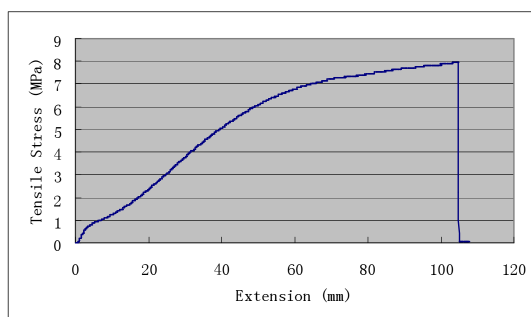


图 3-3　断裂强度和伸长率

美能十分关注膜的机械强度，通过配方和工艺改进，使得美能产品具有良好的断裂强度和断裂伸长，使用中不易出现断丝现象。

● **寿命长、抗污能力高**

美能材料科技有限公司采用优质的 PVDF 为原料，使美能的超滤中空纤维膜具有良好的耐化学腐蚀、耐氧化及耐光老化等性能。同时 PVDF 材料能赋予膜产品良好的耐污性能。

美能膜材料具有极强的耐久力，因此可以使用各种方法反复清洗，以除去污染物和恢复通量。

● **稳定的产品性能**

公司从原材料供应、制备工艺和产品检测入手，保证原料质量稳定、制备过程中前后一致的精确控制以及产品 100%的检测，确保不同批次的产品具有稳定的通量、过滤精度和稳定的操作压力。

3.3　美能 PVDF 超滤膜的使用

● **压力影响**

在不高于一定压力的范围内，超滤膜的产水量与压力成正比关系，即产水量随着压力升高随着增加。但是膜污染情况随着操作压力的增高而加重。

● **温度影响**

温度对超滤系统的产水量的影响是比较明显的，温度升高水分子的活性增强，粘滞性减小，故产水量增加。反之则产水量减少，因此即使是同一超滤系统在冬天和夏天的产水量的差异也是很大的。

● **原水水质影响**

进水浊度大时，易引起超滤膜的堵塞，对超滤膜的产水量产生较大影响。

● **其它影响因素**

包括膜表面切向流速、原液污染物类型、过滤方式、膜组件结构型式、其它设计和使用条件等。

● **注意事项**

油污染：油污会改变膜的表面性质，使膜的通量减低甚至消失，在使用过程中应严格控制进料的油含量及油清洗程序。

结垢：膜表面的结垢，如 $CaCO_3$ 沉积会引起膜的机械性能降低甚至折断。

机械损伤：尖锐的物体会割伤或割断膜丝。

风干：膜使用后应一直保持湿润状态，缺水风干后的膜会失去通量。

中空纤维膜丝的断裂（断丝）：膜在运输、储存与使用过程中由于过度的外力或结垢等原因，可能造成断裂，少量的断丝不会对产水造成明显影响。大量的断丝会造成产水的浊度上升。对于压力式膜组件断丝的处理可参考 4.7 章内容处理，对于浸入式膜组件的断丝，一般可以采取将膜丝打结，也可参照 5.6 章内容处理。

3.4 美能 PVDF 超滤膜的应用领域

- **饮用水处理**

  使用美能 PVDF 超滤膜，可以非常方便的从饮用水中去除细菌、微生物、铁锈等。
- **地表水处理**

  美能 PVDF 超滤膜可以应用在地表水处理上，制备净化水。
- **污水处理**

  城市污水经美能超滤膜处理后，可以作为工业用水，甚至是饮用水来使用。
- **海水淡化预处理**

  美能超滤膜可以控制海水的水质，为反渗透系统提供高质量的入水，保证反渗透系统的稳定运行。
- **其他应用领域**

  美能 PVDF 超滤膜还可以在其他很多领域得到应用，如替代传统的沙滤或滤芯过滤；中水回用；直饮水系统；取代混凝沉淀砂过滤等常规处理；食品、生物、医药工业用水的除浊、除菌、净化；果汁饮料处理及葡萄酒除浊；中药提取液除浊精制；电泳漆回收；乳胶的回收；家庭污水处理；回收乳清中的蛋白质；酶的提取；明胶浓缩；蛋白质回收等。

3.5 超滤系统设计流程

超滤系统的设计过程中需考虑到很多因素，如水源中的杂质浓度、净化要求、水温等。图 3-4 所示的设计流程仅供参考。

3.6 温度-通量校正曲线与压力通量校正曲线

对于使用温度变化较大的项目，在设计时需考虑温度校正。以 25℃为基准，设定校正系数为 1，按实际设计温度从图 3-5 中读出校正系数，实际设计通量＝温度校正系数×25℃的设计通量。

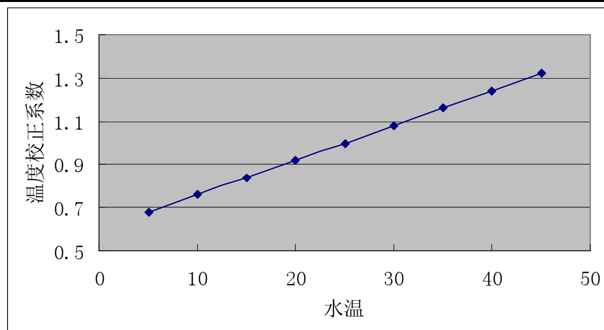


图 3-5　水温－通量校正系数曲线

如超滤系统采用恒流设计（超滤产水量恒定），由于温度降低产生超滤水量降低的影响将由超滤跨膜压差的提升得到克服，但在设计时需考虑压力校正,在一定范围内，膜通量同跨膜压力成正比。

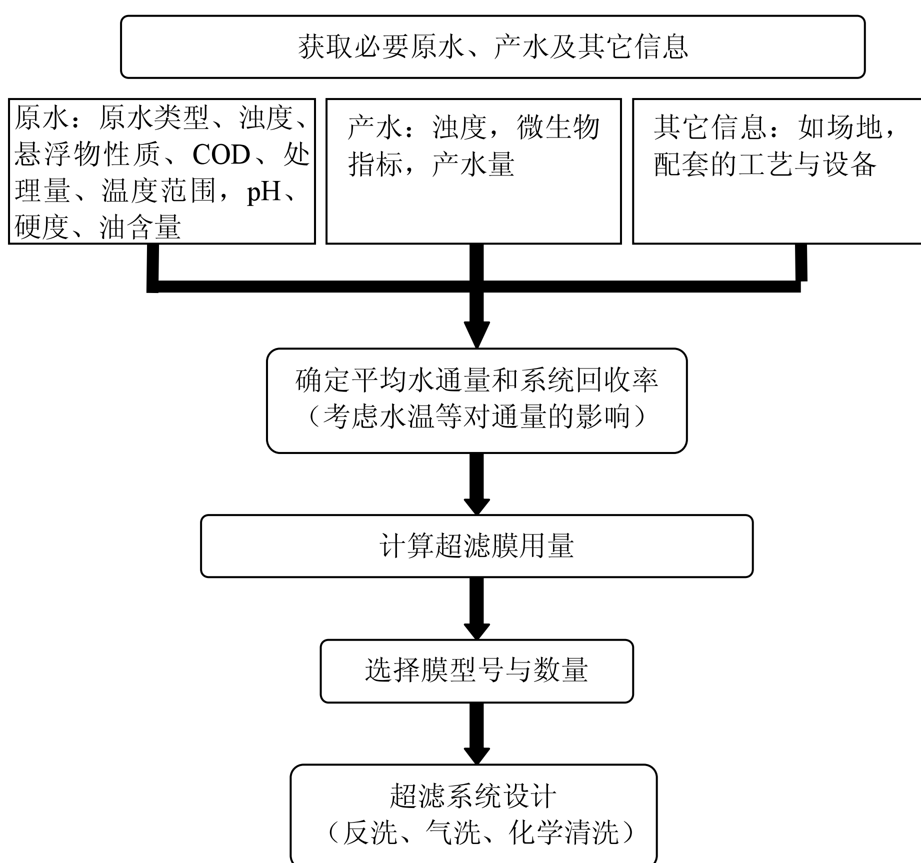


图 3-4　超滤系统设计流程

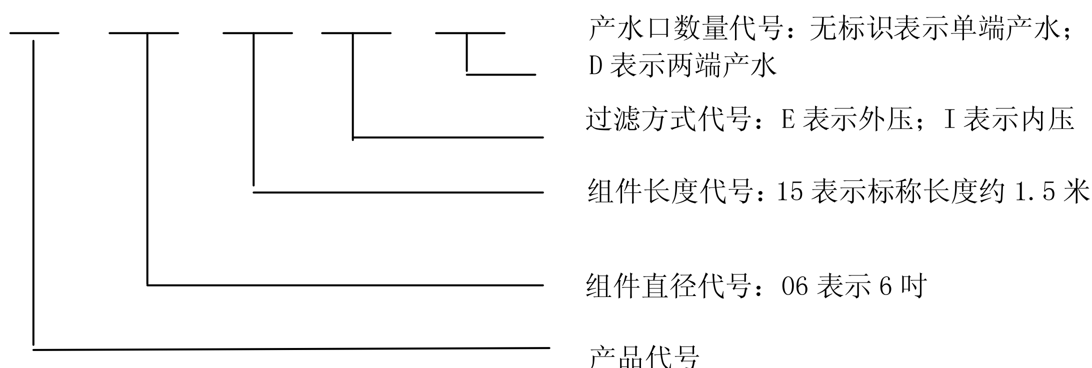
第四章 美能 UF 压力式中空纤维膜组件

4.1 美能 UF 压力式超滤膜组件的主要用途

- 自来水的净化处理，分质供水系统，直饮水系统；
- 地下水、地表水、井水的除浊，除菌处理；
- 取代混凝沉淀砂过滤等常规处理；
- 反渗透膜装置的前处理；
- 食品、生物、医药工业用水的除浊，除菌，净化；
- 废水的回用（废水，工程排水，油田水等）；
- 果汁饮料处理及葡萄酒除浊；
- 中药提取液除浊精制；
- 海水淡化工程的预处理。

4.2 美能 UF 压力式超滤膜组件参数及特点

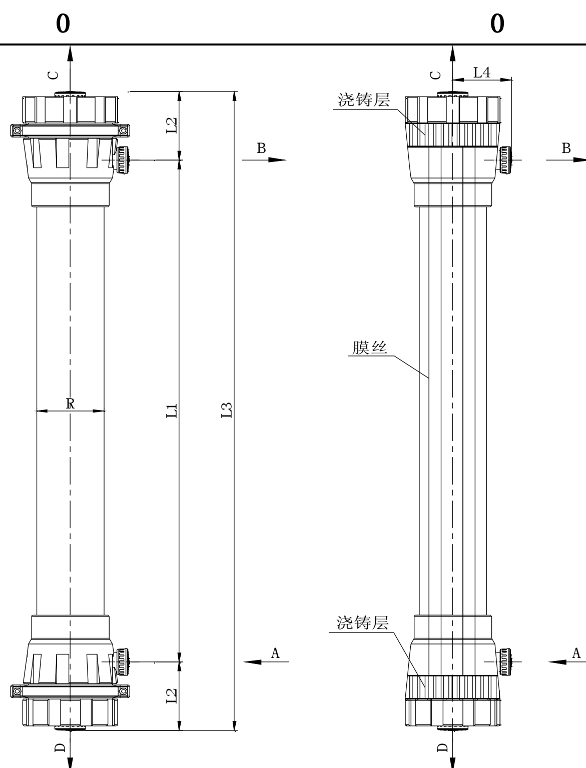
4.2.1 型号含义



示例：UF－0615ED 表示压力式中空纤维膜组件，直径 6 吋，长度 1.73 米，外压式过滤，两端产水。

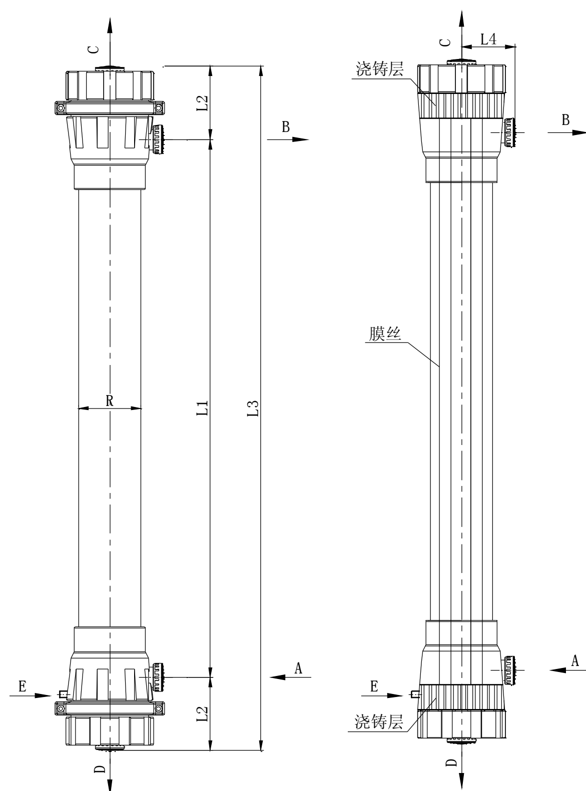
4.2.2 美能 UF 压力式超滤膜组件参数

图 4-1、图 4-2 和图 4-3 分别为 UF-0615E、UF-0615ED、UF-1010E 型压力式中空纤维膜组件外形尺寸。表 4-1 列出了 UF 系列压力式中空纤维膜的产品基本参数。



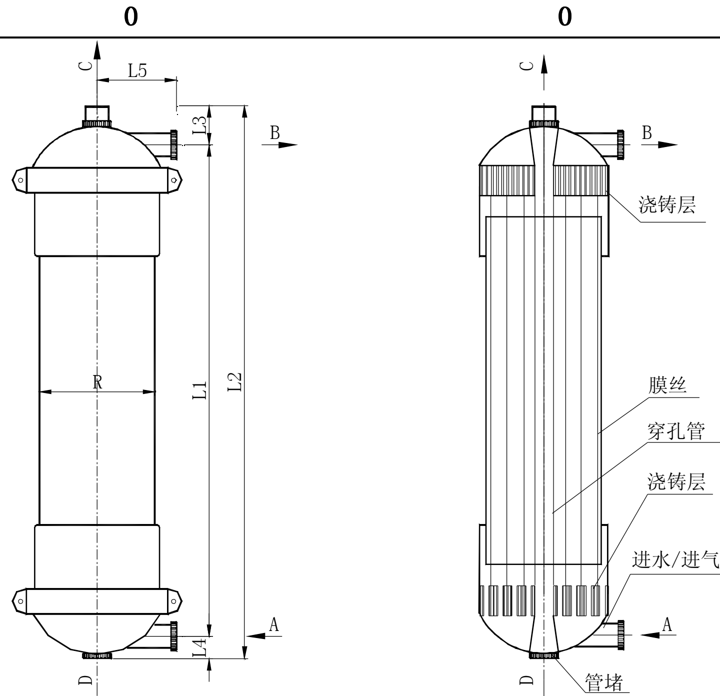
标识	L1	L2	L3	L4	R	A（进水/进气/排污口）	B（浓水口）	C（产水口）	D（备用口）
规格	1386mm	172mm	1730mm	130mm	160mm	DN32	DN32	DN32	密封

图 4-1　UF-0615E 型中空纤维膜组件外形尺寸



标识	L1	L2	L3	L4	R	A（进水/排污口）	B（浓水口）	C（产水口）	D（产水口）	E（进气口）
规格	1386mm	172mm	1730mm	130mm	160mm	DN32	DN32	DN32	DN32	Ø10

图 4-2　UF-0615ED 型中空纤维膜组件外形尺寸



标识	L1	L2	L3	L4	L5	R	A（进水/进气/排污口）	B（产水口）	C（浓水口）	D（备用口）
规格	1070mm	1186mm	71mm	45mm	173mm	250mm	DN50	DN50	DN50	密封

表 4-1 美能 UF 系列压力式中空纤维膜组件基本参数

参数	UF-0615E	UF-0615ED	UF-1010E
膜材料	PVDF	PVDF	PVDF
有效膜面积（m^2）	40	38	55
进/出水接口	DN32	DN32	DN50
孔径（μm）	0.1	0.1	0.1
膜丝内/外径（mm）	0.6/1.2	0.6/1.2	0.6/1.2
过滤方式	外压	外压	外压
组件直径（mm）	160	160	250
组件长度（mm）	1730	1730	1160
壳体材料	ABS	ABS	ABS
密封浇铸材料	环氧树脂	环氧树脂	环氧树脂

4.2.3 美能 UF 压力式超滤膜组件产品特点

- **安全可靠**

美能 UF 压力式膜组件使用的 PVDF 膜丝具有小于 0.1μm 的均匀孔径，保证了组件的过滤精度，确保产水水质合格、稳定；组件出厂前都经过了完整性试验，保证了组件在使用中安全、无泄漏。

- **进水适用范围广**

美能 UF 压力式膜组件采用外压式设计，全量过滤或错流过滤方式，相对于内压式膜组件对于进水最大颗粒尺寸的限制以及进水悬浮物浓度的范围更大，大大降低了过滤流道被堵塞的风险或几率，可对高悬浮物污水直接过滤，进水适用范围更广。

- **易清洗**

美能 UF 压力式膜组件采用的聚偏氟乙烯（PVDF）膜丝具有化学稳定性好，柔软，耐污染性能好。美能 UF 压力式膜组件设计有压缩空气接口，可以采用气洗与化学清洗的方法高效地清除膜丝表面的污染物，恢复膜的通量。

- **设备紧凑、效率高**

美能 UF 压力式膜组件装填密度大，单位体积的过滤面积高，使组件更为简单紧凑，设备占用空间小，使用少量的膜组件能进行大水量处理，效率高。

- **使用方便**

美能 UF 压力式膜组件，可以根据客户需要建成固定式或移动式，及不同处理量的组合，系统可采用自动控制系统，实现全自动化操作。

4.3 美能 UF 压力式膜组件超滤系统设计

4.3.1 进水水质要求

美能建议 UF 系列压力式膜组件的进水水质见表 4-2。

表 4-2 UF 压力式膜组件对进水水质的要求

指标	允许范围
进料水源	自来水、地下水、地表水、海水或达到国家（中国）二级（GB8978-1996）排放标准的污水或相应的物料
pH 值	1～10，对于易结垢原水需特别注意
浊度（NTU）	可适用于高浊度原水
进料最大颗粒粒径	≤0.5mm
进料中含油量	＜2mg/L，否则必须先进行除油预处理
硬度（$CaCO_3$ mg/l）	<150，视 pH 值、结垢等确定指标

4.3.2 膜组件的选择

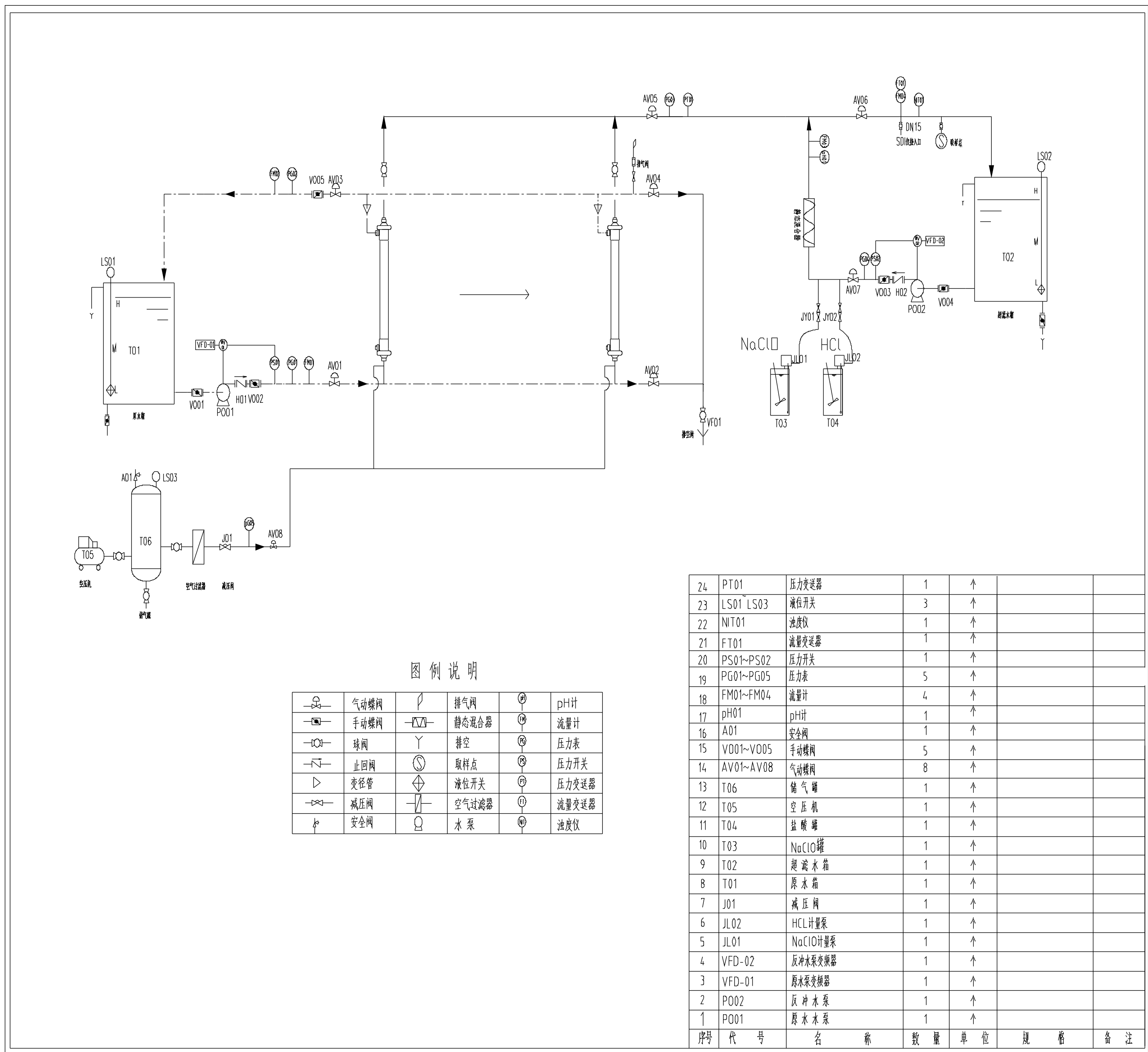
表 4-1 是 UF 系列压力式膜组件的产品基本参数，表 4-2 是 UF 压力式膜组件对进水水质的要求，表 4-3 所提供的通量数据仅供设计参考，用户在选用时可与本公司联系。

4.3.3 工艺流程确定

图 4-4 和图 4-5 是美能提供的单端出水组件（UF－0615E、UF－1010E）和双端出水组件（UF－0615ED）超滤系统的工艺流程图，供用户参考。

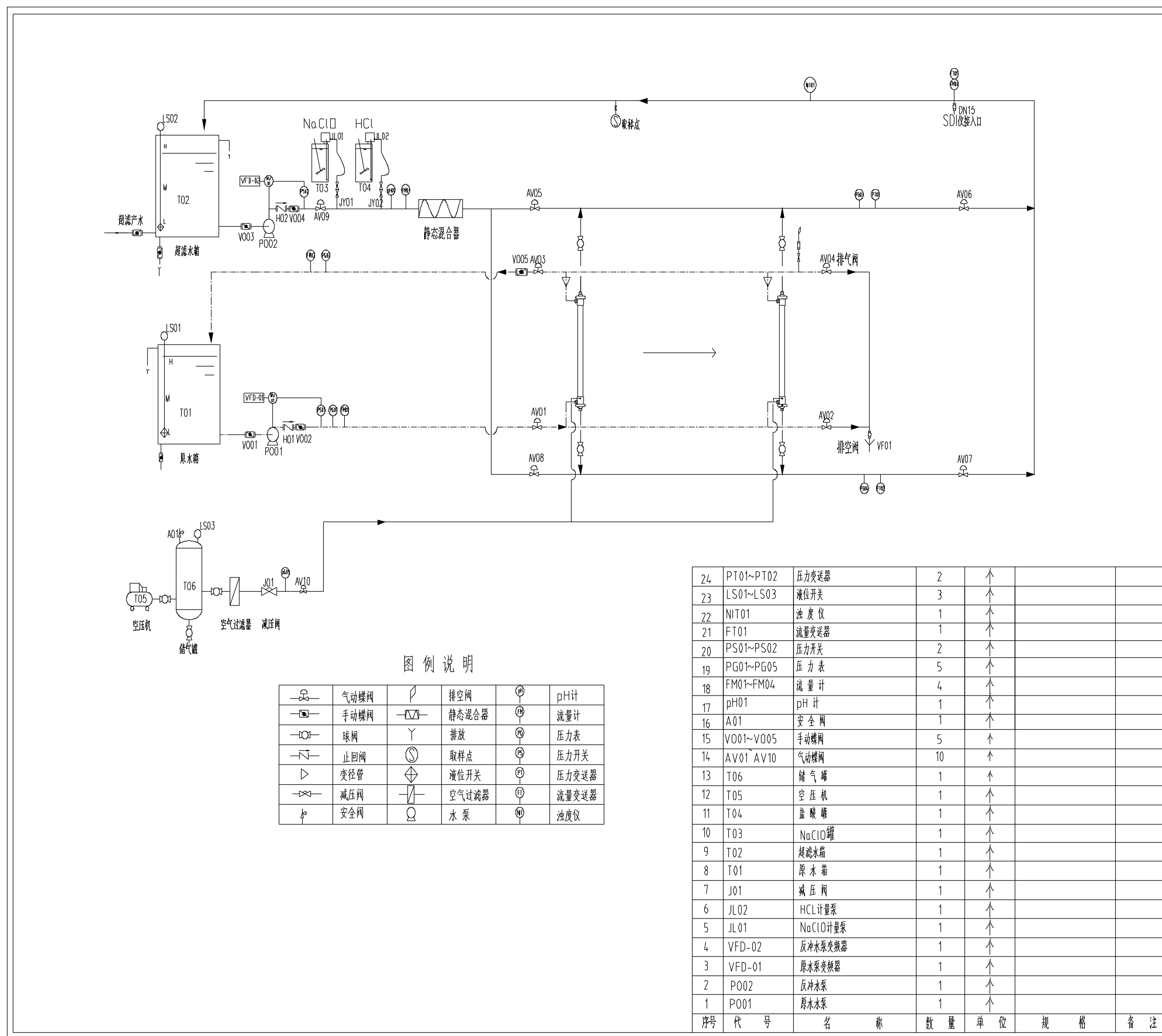
表 4-3　UF 压力式膜组件适用条件

水源		建议设计通量（L/m^2.h）		
进水类型	浊度(NTU)	UF-0615E	UF-0615ED	UF-1010E
地下水	<3	50-70	70-110	70-110
自来水	<1	60-80	70-120	70-120
地表水（经砂滤）	2～5	50-70	70-110	70-110
地表水	5～50	40-50	60-90	60-90
海水	<20	50-70	70-100	50-90
二级排放废水	<30	40-50	50-90	70-110



美能 MEMSTAR

图 4-4　UF－0615E 和 UF－1010E 工艺流程图



序号	代号	名称	数量	单位	规格	备注
24	PT01~PT02	压力变送器	2	个		
23	LS01~LS03	液位开关	3	个		
22	NIT01	浊度仪	1	个		
21	FT01	流量变送器	1	个		
20	PS01~PS02	压力开关	2	个		
19	PG01~PG05	压力表	5	个		
18	FM01~FM04	流量计	4	个		
17	pH01	pH 计	1	个		
16	A01	安全阀	1	个		
15	V001~V005	手动蝶阀	5	个		
14	AV01~AV10	气动蝶阀	10	个		
13	T06	储气罐	1	个		
12	T05	空压机	1	个		
11	T04	盐酸罐	1	个		
10	T03	NaClO罐	1	个		
9	T02	超滤水箱	1	个		
8	T01	原水箱	1	个		
7	J01	减压阀	1	个		
6	JL02	HCL计量泵	1	个		
5	JL01	NaClO计量泵	1	个		
4	VFD-02	反冲水泵变频器	1	个		
3	VFD-01	原水泵变频器	1	个		
2	P002	反冲水泵	1	个		
1	P001	原水水泵	1	个		

图 4-5 UF-0615ED 工艺流程图

4.3.4 操作参数选择

表 4-4 为美能建议的 UF 系列压力式膜组件应用参数。在使用时，用户可根据这些数据选择合适的膜组件和制定合适的操作过程。

4.4 美能 UF 系列压力式超滤膜组件的安装

1）打开包装，取出膜组件；

2）放空保护剂，洗涤膜组件；（UF 膜组件内部有保护剂，在膜组件安装使用前需要用清水冲洗干净。具体操作方法为：在膜组件内部注满清水后静止浸泡超过 1 小时后放尽浸泡液，如此循环至少 6 次，确保保护剂清洗干净。）

3）将组件置于架子上；

4）将组件与管路连接，**确认系统管路中无硬性颗粒杂质如铁屑、塑料管件残屑、沙粒等；**

表 4-4 建议应用参数

参数	UF-0615E	UF-0615ED	UF-1010E
出水设计通量（t，25℃，0.1MPa）	1.5～3.2	1.9～5	2.8～7
最大进水压力（MPa）	0.3	0.3	0.3
最大进水流量（t/h）	4	7	10
最大跨膜压力（MPa）	0.12	0.12	0.12
最大反洗流量（t/h）	4	7	10
最大反洗压力（MPa）	0.12	0.12	0.12
最大进气压力（MPa）	0.3	0.3	0.3
使用温度（℃）	5～45	5～45	5～45
pH 值范围（运行）	1～10	1～10	1～10
pH 值范围（清洗）	0～12	0～12	0～12
运行方式	全量过滤或错流过滤	全量过滤或错流过滤	全量过滤或错流过滤
操作压力（MPa）	≤0.1	≤0.1	≤0.1
气洗周期(min)	20～60	20～60	20～60
气洗流量(m^3/h.支)	2～5	2～5	4～8
气洗时间(s)	20～60	20～60	20～60
气源要求	无油压缩空气	无油压缩空气	无油压缩空气
反洗水压力(Mpa)	≤0.1	≤0.1	≤0.1
反洗流量	产水量的 0.8～1.2 倍	产水量的 0.8～1.2 倍	产水量的 0.8～1.2 倍
反洗时间(s)	20～60	20～60	20～60
反洗水进水要求	建议采用超滤系统产水或品质更高的水源。		
在线化学清洗周期(次/月)	1～6	1～6	1～6
在线化学清洗时间（min）	10～60	10～60	10～60
停机化学清洗周期	当跨膜压力大于 0.1MPa，化学清洗效果不显著时，需进行停机化学清洗。		
停机化学清洗浸泡时间（min）	60～120	60～120	60～120
系统回流量	5～20%（死端过滤为 0）	5～20%（死端过滤为 0）	5～20%（死端过滤为 0）

5）安装工作应尽快完成，确保组件内膜丝不会风干；

6）安装完毕后，应马上注入液体使膜丝保持湿态；

警告：膜一旦干燥将部分或全部失去过滤功能。

7）注意膜组件的各出口标识，严禁将进、出口倒接。

运行前的注意事项

- **组件在运行前需用水浸泡至少 6 次，每次至少 1 小时，将保护液清洗干净；**
- **过滤在进行通水时，膜组件内有时会残留空气。为了防止由于水锤导致的膜组件和中空膜丝的破损，请缓慢进水，通过浓水口充分排除空气。**

新装膜组件的洗涤：

新装膜组件按表 4-5 进行洗涤，直至出水达到过滤要求。

表 4-5　新膜组件洗涤

过程	时间(s)
过滤	600
气洗	40
反洗	20
排污	70

新装膜组件的测试：

- 将已洗净的组件按程序运行；
- 自产水取样口采样化验；
- 如果检验结果超标，分析原因(参照“4.9　美能 UF 压力式超滤膜组件常见故障及处理方法”)。

4.5　美能 UF 压力式超滤膜组件的运行

4.5.1　产水指标

美能建议的工艺参数参见表 4-4，建议控制的产水性能见表 4-6，以上仅供用户参考。UF 系统可采用程序控制，程序的编排取决于具体项目，设计时可以同本公司联系。

表 4-6　建议产水性能指标

项目	指标
产水浊度	≤0.1NTU
悬浮物（SS）	≤1mg/L
细菌去除率	99.99%
SDI	<3

4.5.2　运行过程检测

在超滤系统运行过程中，需对下列参数进行检测：

表 4-7　建议监控参数

进水参数	监控方法	对 UF 膜的影响
pH	在线或离线 pH 计	高碱度造成结垢
硬度	EDTA 滴定	高溶度结垢
机械杂质	管理	断膜丝
油脂	油脂分析	膜表面变性
浊度，TSS	浊度仪，重量法测定	污堵
压力	压力计，传感器	操作安全性，通量
温度	温度计，传感器	通量
流量	流量，传感器	通量
COD	COD 分析	无直接影响
电导	在线或离线电导计	无直接影响

4.5.3 美能 UF 压力式超滤组件的清洗

膜的过滤过程中，大量污染物累积到膜表面使过滤性能衰减，甚至无法继续过滤过程。因此，膜的清洗是膜过滤过程的关键步骤。清洗分多种方式，操作参数请参考表 4-4 及表 4-8。

一般讲，对于压力式 UF 膜组件可将清洗过程分为物理清洗与化学清洗。物理清洗可分为以下几类：

反洗：反洗流程的目的在于通过大流量的反冲洗，将膜孔道和中空纤维膜表面的污染物冲掉，并通过排污阀门将浓缩的污水排出。此操作与过滤逆向，在一定压力下，使清水（自来水或膜过滤水）由膜组件产水一侧向膜组件进水一侧渗透，进水侧的污染物及渗入微孔中的阻塞物即被洗出。在反洗过程中，反洗水直接排放，清洗时间视具体情况而定。

气洗：通入压缩空气，中空纤维由于上升气流的作用而摆动，使中空纤维相互摩擦碰撞，从而使中空纤维壁上附着的污染物剥离脱落。此时需保证膜组件中充满液体，从而发挥空气振荡的功效。

化学清洗：在系统污染较严重时实行，需根据污染物的情况选择化学试剂，通过浸泡或结合物理清洗法以除去污染物。

在组合使用酸性药剂和碱性药剂时，完成前一种药剂清洗后必须进行清水冲洗，然后再进行下一种药剂清洗。冲洗用水采用膜过滤水，并确认膜组件内部达到中和状态（pH 值为 6～9）时才可进行下一步清洗或恢复正常使用。

表 4-8 UF 压力式超滤膜建议清洗参数

进水类型	气洗间隔（分钟）	在线化学清洗频率（次/月）	在线化学清洗药剂 *	停机化学清洗 **
地下水	40-60	1-4	➢ 次氯酸纳（100～200ppm） ➢ 0.1％的盐酸＋0.05％的草酸	可选用
自来水	40-60	1-4		可选用
地表水（经砂滤）	40-60	1-4		可选用
地表水	30-50	1-4		可选用
海水	30-50	1-4		可选用
二级排放废水	20-40	2-6		推荐

说明：* 在线化学清洗剂的配方和浓度，在系统设计时确认，特殊污染物的清洗配方请与本公司联系。

** 停机化学清洗剂的配方一般选用 1～2％的柠檬酸，1000ppm 的次氯酸纳，0.1％的氢氧化钠，0.4％盐酸＋0.2％草酸，选择清洗配方时要考虑到设备的防腐要求。

**化学清频率可按实际运行情况调整。

4.6 美能 UF 压力式超滤膜组件的维护

膜组件产品在未使用前或是在停机时的保管，请按照以下方法进行。

4.6.1 未使用膜组件的保管

请置于阴凉处，避免阳光直射，严禁排放膜组件内部的保护液或其它保护剂。

4.6.2 使用后的膜组件的保管

- 短期停机的情况下：停机 2～3 天以内，请在膜组件内部充水的状态下停机；如果达一周左右时，请注入浓度为 50ppm 的次氯酸钠溶液；
- 长期停机的情况下：膜组件先经过次氯酸钠药洗后，再注入浓度为 1.5%的亚硫酸氢钠溶液。

4.7 美能 UF 压力式超滤膜组件的完整性检测与修补

美能 UF 组件在出厂前都经过完整性检测。如果用户在安装和使用中造成膜丝断裂，会对产水水质产生影响（主要表现为浊度明显上升）。这时，就需要对组件进行完整性检验和泄漏点修补。

组件完整性检测的原理如下，将膜润湿后，在膜丝的一侧加入压缩空气，当空气低于泡点压力时，膜的气孔仍能保持润湿，除了扩散出来的极少量空气流外，没有明显的气流通过润湿的膜孔。但是若膜存在缺陷（如纤维断裂），则在远低于泡点压力下空气就会自缺陷处溢出，观察在膜丝充满液体一侧出现的连续气泡，或者检测气体一侧压力的变化情况，可以判断膜丝及组件的完整性。检测和补漏操作程序如下：

- **单端产水型（UF0615E、UF1010E）**

1）将破损的膜件从系统上卸下，竖直装到检测架上（产水端在上）；

2）将组件内部注满水，保存膜丝处于湿润状态；

3）除去产水端卡箍、端盖和产水管；

4）用盖子将浓水排放口堵上；

5）从进气口通入压力为 0.05～0.1Mpa 的气体；

6）用烧怀均匀加水到膜丝浇铸面上；

7）观察膜丝截面如图 4-6，如果膜丝断裂或者浇铸层泄漏，会有连续不断的气泡从端面上冒出来，据此确认破损的膜丝或者浇铸层泄漏点；

8）泄漏膜丝找到后，关闭气源，用一个圆锥形的塑料钉（图 4-7）插到泄漏的膜丝口处，把塑料钉敲到 2/3 处时，剪断并敲平，再打开气压阀，倒水到膜丝口上，确认堵漏完好。如果是浇铸层泄漏，则用环氧树脂补漏，待环氧树脂固化之后再重新通气，确认修补效果；

9）重复步骤 5）～8），直到找到并修补好全部破损膜丝或泄漏点。



图 4-6 膜丝和浇铸面完整性检测

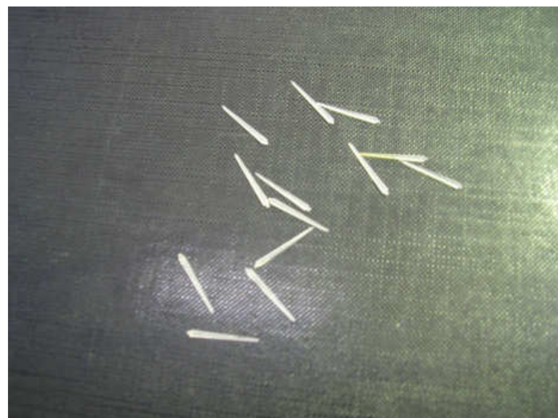


图 4-7 堵漏塑料胶钉

- **双端产水组件（UF－0615ED、UF－1015ED）**

双端产水组件检测和补漏程序与单端产水组件略有不同。双端产水组件本身设计有进气口、上下两个产水口。在进行完整性检测时，不仅需要用盖子将浓水排放口堵上，而且还要堵住进水口，卸下两端产水口端的卡箍和端盖，从进气口通入压力为 0.05～0.1Mpa 的气体进行完整性检测，其操作检测步骤与单端产水型步骤 6）～9）相同。当上端产水口浇铸层截面检测、修补完毕，上下颠倒，对另外一端进行检测和修补。

- **组件整体检漏**

1）将产水端卡箍、端盖重新装好；

2）用盖子将产水口、浓水口堵上（对于双端出水型还要堵上进水口）；

3）将组件平放入水槽中，保证组件完全浸没在水中，如图 4-8；

4）通入压力 0.1MPa 的气体，观察组件外壳、各进出口处卡具处是否有气泡出来，如果有气泡冒出，标记泄漏点；

5）如果是组件使用不当或超过使用期后造成外壳泄漏，可以用环氧树脂修补，或者更换外壳；如果是各进水口卡具处泄漏，更换密封圈或者密封垫；

6）重复步骤 4)、5)，直至组件不再泄漏。



图 4-8　检测组件外壳和卡具接口

4.8　美能 UF 压力式超滤膜组件的包装和运输

4.8.1　包装

膜组件保护封存时，一定要保证系统的密闭性，同时需要定期检查，确保膜在湿态情况下保存。避免过滤膜脱水，以造成不可恢复性损伤。

4.8.2　运输

本组件在运输过程中，应避免碰撞、日晒、雨淋及机械损伤。在寒冷地区，请注意不要让膜组件冻结。已使用过的组件防冻措施请与本公司联系。

4.9　美能 UF 压力式超滤膜组件使用注意事项

- 在安装膜组件之前，请不要完全排空内部的保护液体；

中空纤维膜如果变干燥的话，其性能就会下降以致不能正常使用，所以当暂时中断运行时，请按 4.6.2 保管。

- 寒冷地区，要防止膜组件发生冻结；
- 膜组件使用时请注意不要掉落导致破裂；

美能 MEMSTAR

- UF 膜组件与外部配管连接时要注意安装方式，以保护膜组件不会破损；
- 在接合处，除了粘接剂以外，请不要沾上其他的油质、污垢；
- 应垂直安装膜组件。否则，进行空气清洗时会降低清洗效率；
- 在膜组件安装之前，务必冲洗配管等部件，并确认没有颗粒杂质和污垢；
- **通水时，膜组件内有时会残留空气。为了防止由于水锤导致的膜组件和膜丝的破损，请缓慢进水，充分排除空气；**
- 膜组件使用时，进水流速应逐渐增加，流速增加到正常状态的时间应不少于 10～20 秒；
- 严禁使用不兼容的化学药品如油脂，否则将影响膜组件的使用寿命；
- 请严格遵守膜组件技术参数及使用条件，否则将影响膜组件的使用寿命。

4.10 美能 UF 压力式超滤膜组件常见故障及处理方法

表 4-9 美能 UF 压力式超滤组件常见故障及处理方法

序号	故障现象	可能原因	处理
1	产水量低	膜污染严重	针对污染原因，采取相应措施。对膜组件进行清洗。
		原水压力过低	检查进水泵、控制阀以及进水管路。
		流量指示错误	校正流量计。
		阀门开度过小	调整阀门开度到合适位置。
		原水水温过低	提高进水温度或跨膜压力。
2	产水浊度高	膜丝发生泄漏	进行膜丝缺陷检测，对存在缺陷膜丝进行修补。
		浇铸密封面泄漏	进行泄漏检测，对泄漏部位进行处理或更换新膜组件。
3	泄漏	密封圈损坏	更换密封圈。
		外壳破损	对泄漏部位进行修补。
		操作压力过高	查找压力过高原因，降低操作压力。
		组件安装松动	对膜组件进行紧固。

第五章　美能 SMM 浸入式膜组件

5.1　美能 SMM 浸入式超滤膜组件用途及特点

美能 SMM 浸入式膜组件主要用于膜生物反应器（MBR）与膜混凝（化学）反应器（MCR）。

膜生物反应器（Membrane Bio-Reactor，MBR）是一种由膜分离单元与生物处理单元相结合的新型水处理技术，以膜组件取代二沉池，在生物反应器中保持高活性污泥浓度减少污水处理设施占地，并通过保持低污泥负荷减少污泥量。与传统的生化水处理技术相比，MBR 具有以下主要优点：

１）能够有效地进行固液分离，分离效果远好于传统的沉淀池，出水水质良好，出水悬浮物和浊度接近于零，可直接回用，实现了污水资源化；

２）膜的高效拦截作用使微生物完全截流在反应器内，实现了反应器水力停留时间（HRT）和污泥龄（SRT）的完全分离，使运行控制更加灵活稳定；

３）反应器内的微生物浓度高，耐冲击负荷能力强；

４）有利于增殖缓慢的硝化细菌的截流、生长和繁殖，系统硝化效率得以提高，具有一定的脱氮、除磷功能，优于传统的生物处理单元；

５）污泥龄长。膜分离使污水中的大分子难降解成分，在体积有限的生物反应器内有足够的停留时间，大大提高了难降解有机物的降解效率。反应器在高容积负荷、低污泥负荷、长泥龄下运行，可以实现基本无剩余污泥排放；

6）省去二次沉淀池，节省占地；

7）系统采用 PLC 控制，可实现全自动化控制。

膜混凝（化学）反应器（Membrane Coagulation-reactor,MCR）是一种新型水处理装置（图 5-1）。它是将化学处理（混凝）工艺与膜分离工艺加以结合，使得传统的化学反应效率得以提高，反应水平大大改善。该反应器可以根据需要建成固定式或移动式。

与传统的化学处理工艺相比，MCR 具有出水水质优良、药剂投加量小、占地面积小、除菌效率高、灵活方便等优点。

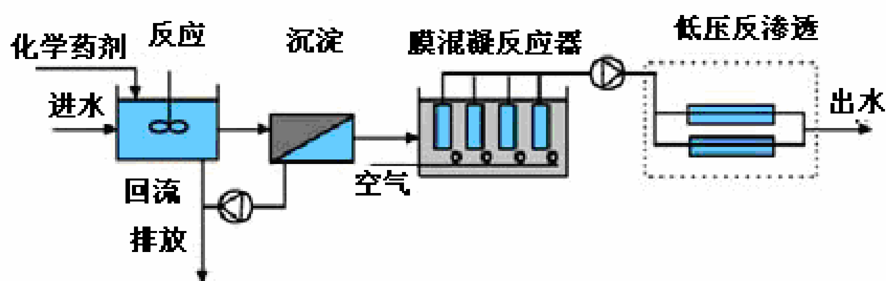


图 5-1　MCR 与 RO 联用工艺示意图

MBR 和 MCR 污水处理技术兼具生物或者化学混凝与膜分离技术的优点，其技术核心是浸入式膜组件。美能 SMM 浸入式膜组件是一种独特的将水由外向内负压抽吸的设计结构，所用 PVDF 膜丝具有柔韧性高、不易断丝、化学稳定性好、耐光老化性能好等特点，特别适合用于 MBR 和 MCR 工艺。亦由于美能 SMM 膜进水通道是完全开放的原因，浸入式膜工艺能应付高悬浮物与有机物的进水和对水质不稳定的进水有较强的抗冲击能力，可进行高品质过滤，高效率除去细菌、悬浮固体以及营养物质。同时，高效的膜组件使得 MBR 和 MCR 系统可在比传统处理过程更小的区域内运行，操作简单；膜组件装配式设计，拆装与维护方便灵活，可与传统

工艺更好的衔接，以适应传统污水处理厂的改造与扩展。

美能 SMM 浸入式膜组件作为超滤，其他用途还包括：

- 蓄水池中未净化水的过滤；
- 替代传统的沙滤或滤芯过滤，且具备更好的性能；
- 不同行业的水回用等。

5.2 美能 SMM 浸入式超滤膜组件参数

美能 SMM 浸入式膜组件示例如图 5-2。

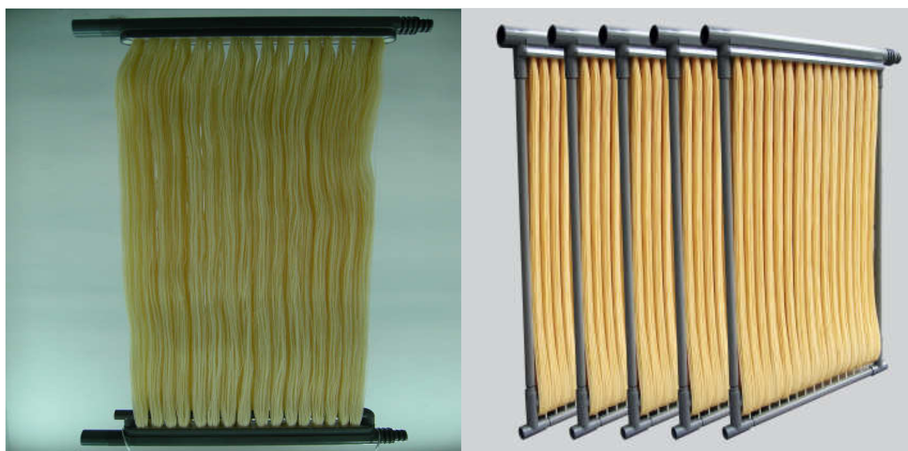
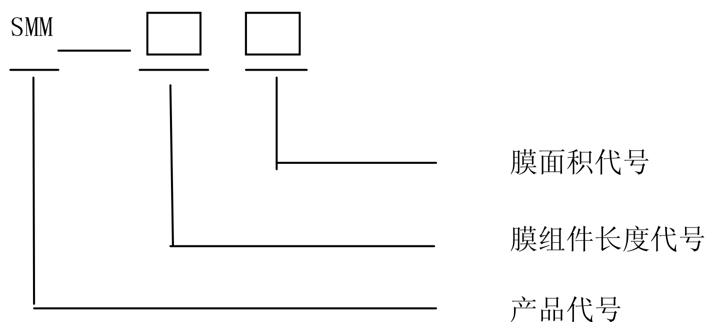


图 5-2 美能 SMM 浸入式膜组件

5.2.1 型号含义



5.2.2 SMM 浸入式超滤膜组件参数

美能 SMM 浸入式帘式膜组件有单端产水和两头产水型两大类，参数如表 5-1 所示。

表 5-1 SMM 浸入式帘式超滤膜组件参数

参数	单端产水型		两头产水型	
	SMM-1010	SMM-1013	SMM-1520	SMM-1525
膜材料	PVDF	PVDF	PVDF	PVDF
尺寸（L×W×H，mm）	571×45×815	571×45×815	571×45×1535	571×45×1535
集水管口	OD32 UPVC	OD32 UPVC	OD32 UPVC	OD32 UPVC
空气入口	OD20 UPVC	OD20 UPVC	OD20 UPVC	OD20 UPVC
有效膜面积（m^2）	10	12.5	20	25
膜丝内径/外径（mm）	0.6/1.2	0.6/1.2	0.6/1.2	0.6/1.2
孔径（μm）	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
通量（L/hr）	100～500	125～625	200～1000	250～1250
过滤方式	外压	外压	外压	外压
粘结材料	环氧树脂	环氧树脂	环氧树脂	环氧树脂
集水管材料	ABS	ABS	ABS	ABS

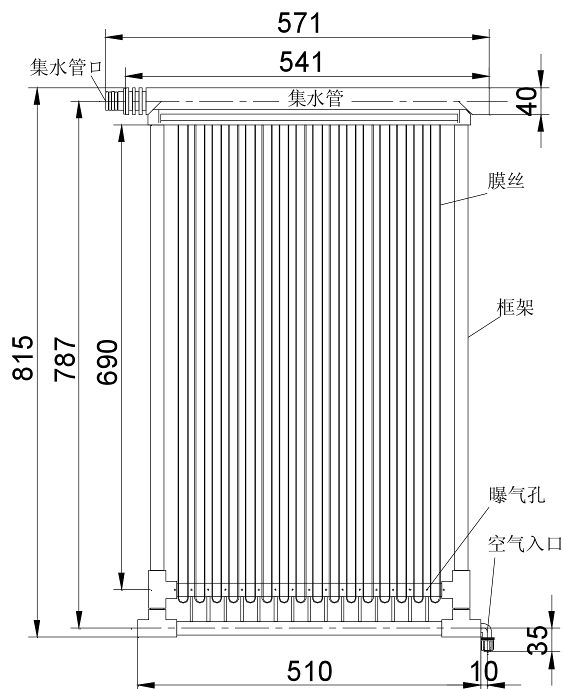


图 5-3 单端产水型 SMM 浸入式膜组件结构图

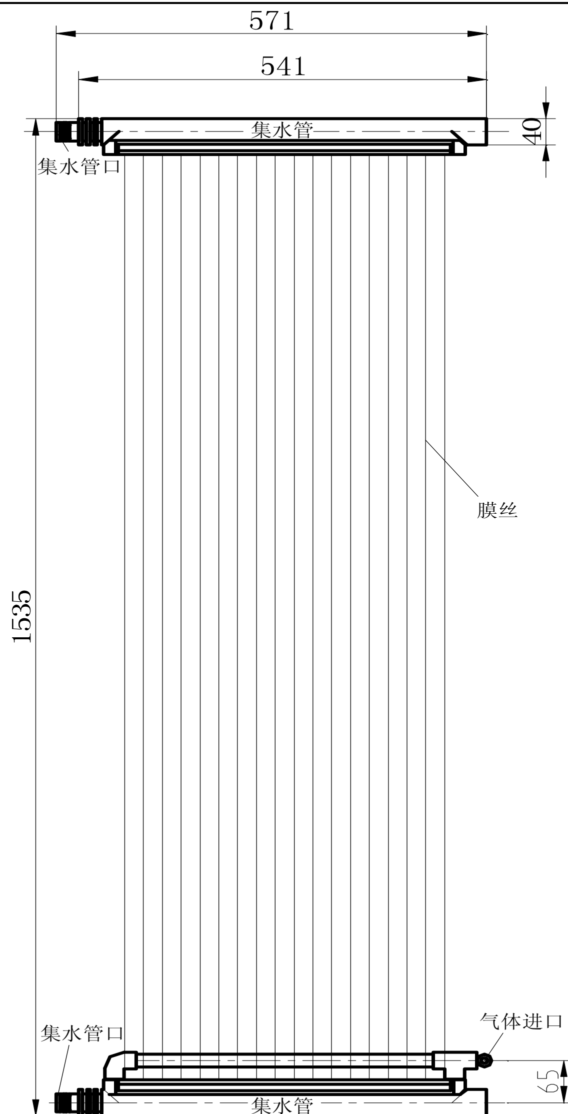


图 5-4　双端产水型 SMM-1520 浸入式膜组件结构图

5.3　美能 SMM 浸入式膜组件超滤系统设计

美能 SMM 浸入式膜组件是一种将水由外向内负压抽吸的设计结构，进水通道是完全开放的，适于处理高浊度的原水，能应付高悬浮物与有机物的进水，对水质不稳定的进水有较强的抗冲击能力。考虑到组件长期稳定运行的需要，进水水质要求见表 5-2。

用户可以根据实际需要的水处理量，按照表 5-1、表 5-2、表 5-3 提供的参数，选择合适的组件类型和数量，设计相应的流程。

表 5-2　SMM 浸入式膜组件对进水水质的要求

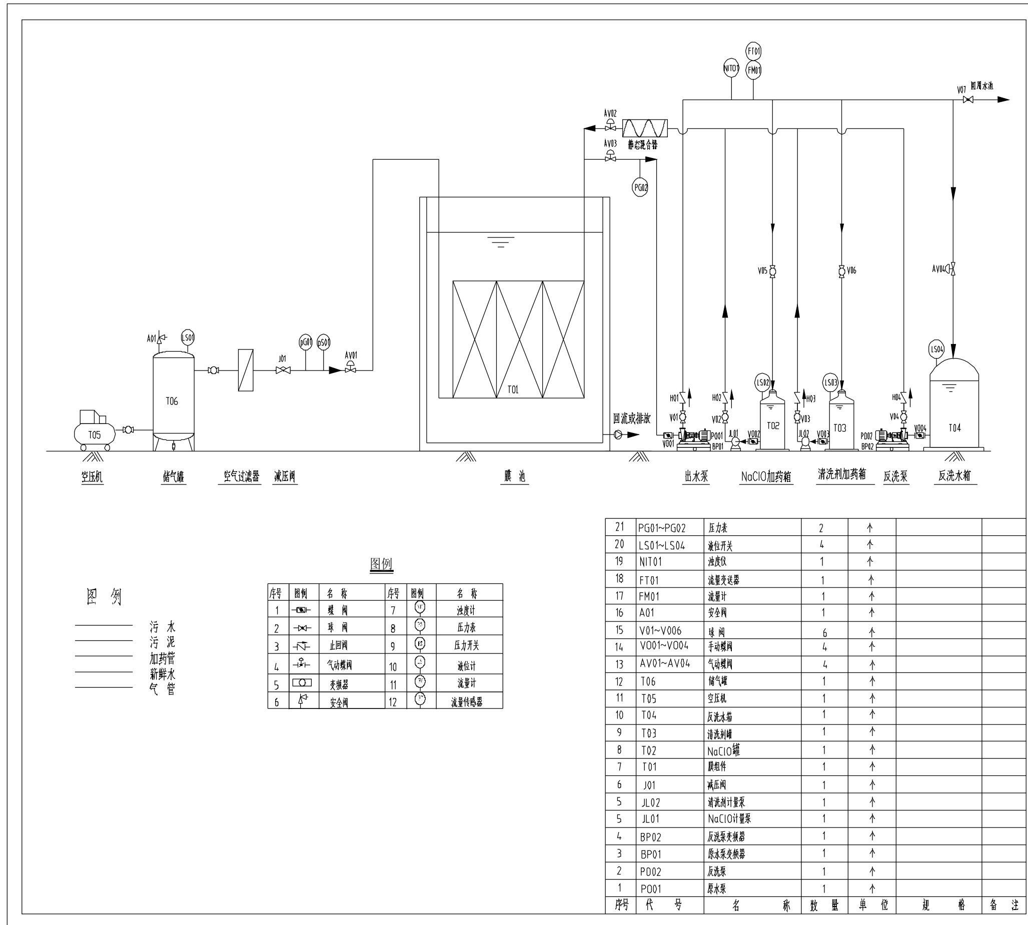
指标	允许范围
进料水源	适用于各种水源。
pH 值	1～10，对于易结垢原水需特别注意。
进料最大颗粒粒径	≤2mm
进料中含油量	＜2mg/L，否则必须先进行除油预处理。
硬度（$CaCO_3$ mg/l）	<150，视 pH 值、结垢等确定指标。

表 5-3　美能建议的使用条件

项目	范围
pH（运行）	1～10
pH（清洗）	0～12
温度（℃）	5～45
最大颗粒粒径（mm）	<2mm
最大跨膜压力(MPa)	0.05
吹扫流量(m3/片膜)	2～5
吹扫方式	脉冲或连续
最大反洗进水压力(MPa)	0.05
整体测试气压(MPa)	0.06
油脂含量	≤2mg/L
其他要求	膜所处的水池中应不含破坏膜的尖锐物，如树枝，塑料片等。

5.3.1　工艺流程图

图 5-5 为简化的总体工艺流程示意图：



序号	图例	名 称	序号	图例	名 称
1		蝶 阀	7		浊度计
2		球 阀	8		压力表
3		止回阀	9		压力开关
4		气动蝶阀	10		液位计
5		变频器	11		流量计
6		安全阀	12		流量传感器

序号	代 号	名 称	数 量	单 位	规 格	备 注
21	PG01~PG02	压力表	2	个		
20	LS01~LS04	液位开关	4	个		
19	NIT01	浊度仪	1	个		
18	FT01	流量变送器	1	个		
17	FM01	流量计	1	个		
16	A01	安全阀	1	个		
15	V01~V006	球 阀	6	个		
14	V001~V004	手动蝶阀	4	个		
13	AV01~AV04	气动蝶阀	4	个		
12	T06	储气罐	1	个		
11	T05	空压机	1	个		
10	T04	反洗水箱	1	个		
9	T03	清洗剂罐	1	个		
8	T02	NaClO罐	1	个		
7	T01	膜组件	1	个		
6	J01	减压阀	1	个		
5	JL02	清洗剂计量泵	1	个		
5	JL01	NaClO计量泵	1	个		
4	BP02	反洗泵变频器	1	个		
3	BP01	原水泵变频器	1	个		
2	P002	反洗泵	1	个		
1	P001	原水泵	1	个		

图 5-5　工艺流程图

5.3.2　膜集成件

按照实际应用情况设计特定的膜集成件。装置通常应该包含 10 到 100 片组件。图 5-6 为典型的膜集成件示意图。

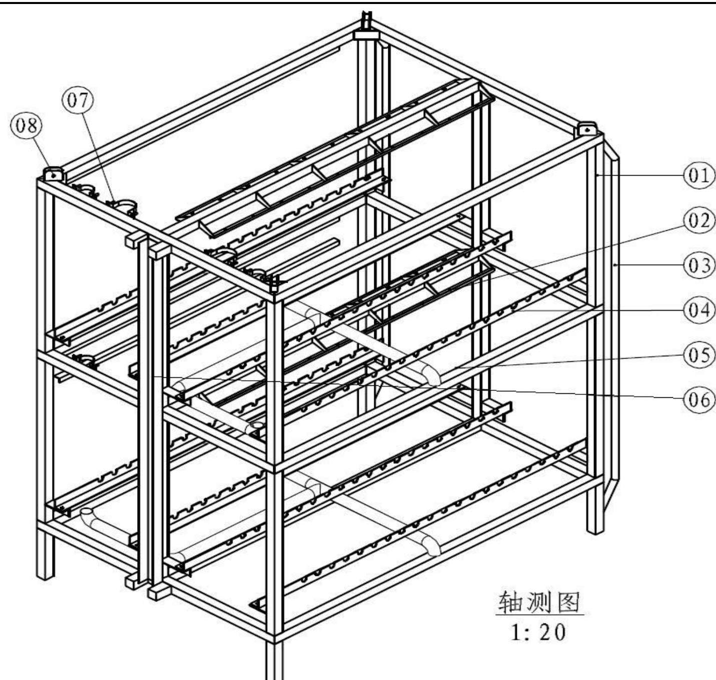


图 5-6　膜集成件

编号	说明	功能
1	方管框架	支撑装置
2	钣金配件	固定膜组件集水管
3	圆管导轨	保护装置吊进处理池
4	膜片定位角钢	固定膜组件底部
5	曝气主管	提供吹扫气
6	槽型导轨	正确定位装置
7	集水管出口卡码	固定从每一个膜组件中收集过滤水的集水管出口
8	吊具吊耳	连接吊具进行装置吊装作业

5.4　美能 SMM 浸入式超滤膜组件的安装

- 打开箱子,移去包装物;
- 小心取出膜组件,打开塑料袋;
- 将膜组件安装在框架上，需要保证整个框架的水平度;
- 连接管道安装设备。

5.5　美能 SMM 浸入式超滤膜组件的运行与维护

5.5.1　SMM 运行

5.5.1.1 运行参数记录

SMM 运行过程中必须对进出水的水质严格监控。一般情况下可通过如表 5-4 的运行参数记录。

表 5-4　美能建议的控制参数

主要参数	建议范围	对膜过程影响	测试频率	注意事项
跨膜压力(TMP)(MPa)	≤0.05	过大的 TMP 会引起膜不可逆污染	在线	主要由于膜污染造成
产水浊度（NTU）	<0.5	产水水质	在线	由于断丝或管路泄漏造成
出水量（$L/m^2.h$）	10～50	过大产水量会引起膜不可逆污染	在线	需与 TMP 综合考虑
产水 TSS（Mg/L）	<1	产水水质	日常	主要由于膜污染造成
pH	根据设计要求	过高易造成结垢	在线	严格按照设计要求控制
硬度	根据设计要求	过高易造成结垢	日常	严格按照设计要求控制
COD	根据设计要求	过高会造成膜污染	日常	严格按照设计要求控制
TDS	根据设计要求	过高会造成膜污染或系统腐蚀	日常	严格按照设计要求控制
油脂	根据设计要求	过高会造成膜不可逆污染	日常	严格按照设计要求控制

5.5.1.2　吹扫空气清洗

通过吹扫气引起水流及膜丝的波动，通过引起摆动和污染颗粒的剥落来达到清洗膜的目的。

最大吹扫空气流量一般通过实验确定，太小的量不易使膜丝抖动，而太大的量会造成能耗太大。表 5-5 为建议的吹扫空气量。

表 5-5　吹扫空气量

产品	建议气量（m^3/hr 片膜 ）
SMM1010	2-5
SMM1013	2-5
SMM1520	2-5
SMM1525	2-5

吹扫空气可通过双气道或脉冲供气方式，以降低能耗，提高吹扫效果。具体设计参数请与美能联系。

5.5.1.3　水反洗

膜运行过程中会有固体残留在孔中，空气清洗可以除去表面杂质，而孔中的杂质可用水反洗将其排出。水反洗是用过滤水从反洗罐中泵到抽水管中，反洗时间视具体项目确定。

5.5.1.4　在线化学清洗

化学清洗是将特殊的化学溶液由集水口反向通过膜组件进到原水一侧的在线清洗过程。反洗除去了沉积在膜表面的细菌和溶解有机颗粒，因此可以恢复 TMP。在进行反洗时，过滤处于停止状态。

实现反洗需要的设备包括反洗罐、化学品溶解罐和计量泵。计量泵应该是可以容易的控制流量，且适合于抽送化学品溶液的泵，如隔膜泵。

一般化学清洗应该至少每 3 个月进行一次，但根据过滤过程可以在 1 到 12 周的范围内变动。这个周期可参考在线检测 TMP 确定，一般 TMP 增加量>20Kpa 就可以考虑化学清洗。反洗时间为 10～90 分钟。

美能推荐以下化学清洗的程序：

- 溶液 1:　100～500ppm 有效氯的次氯酸钠；

- 溶液 2： 0.5～2%柠檬酸；
- 清洗用量：0.2～1L/m2 膜元件+反洗管道体积。

5.5.1.5 化学离线清洗

SMM 组件长期使用后可能会造成不同物质的阻塞,空气清洗,水反洗,化学在线清洗已效果不明显,TMP 无法恢复。此时 SMM 组件应从 MBR 池中取去，浸泡在特殊的化学溶液中一段时间，即进行化学离线清洗，一般讲化学离线清洗只是在线操作无法恢复 TMP 时才考虑，可能会在 3 个月到一年进行一次，离线化学清洗所用试剂清洗见表 5-6，离线清洗时间为 1～6 小时：

表 5-6 建议的化学试剂

污染物	试剂	方法	其他
微生物	NaClO，500-2000 ppm（有效氯）	浸泡 30-60 分钟	1.5%H2O2
无机结垢物（氧化物，氢氧化物，不溶盐）	草酸，pH1～2	同上	2% 柠檬酸、酒石酸
酸不溶氧化物	草酸、亚硫酸氢钠	同上	其他还原剂
油脂	MHO 专用试剂	同上	功能试剂加助剂
不溶性离子(Fe, Ca, Mg, Ba 等)	EDTA(Na2)， 0.1-0.2% pH 约 10～11	同上	其他络合剂
胶体，蛋白质	NaOH，0.1%	同上	其他变性剂

5.5.2 运行程序

建议水处理厂设计自己的运行程序，可依据本手册提供的数据和中试结果确定。

表 5-7 总结了 SMM 膜件的一般清洗方式。

表 5-7 SMM 清洗参数

项目	周期	频率	方式
空气吹扫	每 10 分钟停止抽水泵 1 分钟	连续或脉冲	在线
水反洗	用泵送过滤水 30 秒到 2 分钟	视具体项目确定	在线
化学清洗	10～90 分钟	1-12 周	在线
化学离线清洗	浸入溶液 1～6 小时	3 个月到 1 年	离线

5.6 SMM 浸入式超滤膜组件的完整性检测与修补

美能 SMM 组件完整性检测所依据的原理与 UF 组件相同。检测和补漏操作程序如下：

1）将破损的膜组件从系统上卸下，用清水清除膜表面的污染物，发现断丝可采用在距根部 10～20cm 的部位直接打结的方法堵漏，其它问题用一下步骤检测；

2）将集水盒接口与气源连接；如果是双端出水型膜组件，则需要堵住一个集水盒接口或者将两个集水

盒接口并联到气源上；

3）在检测槽中放入适量的 50%甘油水溶液，数量以可以浸没膜丝根部 2cm 为宜；将集水盒朝下垂直放入检测槽中如图 5-7，打开气阀保持气压约 0.06MPa，进行膜丝根部检测；

4）仔细观察集水盒粘接处、膜丝根部是否有气泡冒出，如果有的话就要用进行修补；

5）在检测槽中放入适量的清水，将待检组件浸没其中如图 5-8，通入气体，维持压力为 0.06MPa，进行膜丝盒组件整体检测。观察有无连续性气泡从组件或者膜丝上冒出；

6）如果膜丝破损，截断膜丝的破损段，采用打结或用堵漏针将膜丝密封；如果是浇铸层泄漏，则用专用树脂修补；

7）重复 3）～6）操作，直到找到并修补好全部破损的膜丝和泄漏点；

8）将修补好的组件放入水池中，通入压力为 0.06Mpa 的气体，确认组件不再漏气。

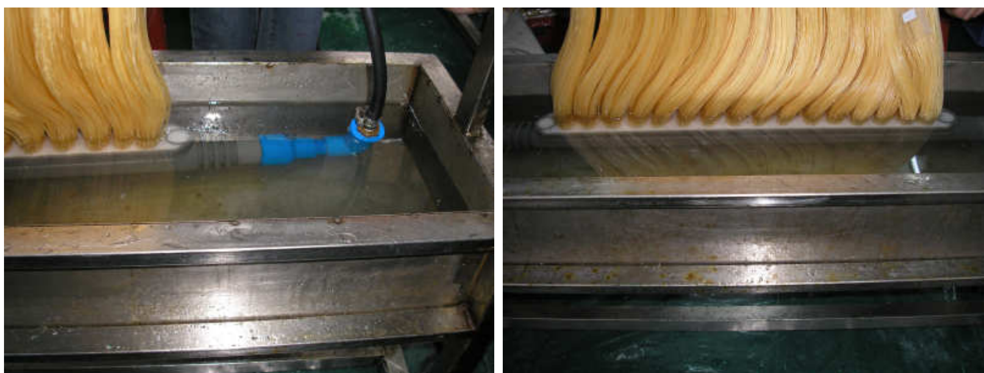


图 5-7　SMM 组件膜丝根部检测



图 5-8　SMM 组件整体检测

5.7　美能 SMM 浸入式超滤膜组件的保存和运输

膜必须保持湿态，在打开包装或在使用过程中离开水池时不可让膜吹干。在低温条件下绝对不能出现膜组件冻结。

膜所处的水池中应不含破坏膜的尖锐物，如树枝,塑料片等。

SMM 组件在运输过程中应避免冲击、浸水、太阳直射或高温，但组件应储存在干燥、通风、无光、无腐蚀性物质的环境，温度应在 5-45℃。

注意:不可将组件与爆炸及易燃物混放。

美能 MEMSTAR

5.8 美能 SMM 浸入式超滤膜组件常见故障及处理方法

表 5-8 列出一引起常见故障及处理方法。

表 5-8 SMM 浸入式膜组件常见故障及处理方法

序号	故障现象	可能原因	处理
1	产水量低或TMP 过高	膜污染严重	针对污染原因，采取相应措施。对膜组件进行清洗。
		产水泵吸入口压力过低或吸入口管道存有空气	检查产水泵、控制阀以及产水水管路。
		流量指示错误	校正流量计。
2	产水浊度高	膜丝发生泄漏	进行膜丝缺陷检测，对存在缺陷膜丝进行修补。
		采水管破损	更换膜组件。
		采水管同浇铸盒粘结部位泄漏	对泄漏部位进行修补。
		密封圈损坏	更换密封圈。

美能超滤膜产品应用实例

在当今水资源日益短缺，取水费用和排水费用大幅提高的情况下，对于用水量巨大的电力、石化和冶金等行业，减少取水量和排污量，启动节水、污水回用工程，提高水的利用率，实现“零”排放已经成为当务之急。以超滤膜为代表的膜分离技术在饮用水生产、污水处理、海水淡化、食品工业、制药工业、工业废水处理、金属加工、生物产品加工、石油化工等领域发挥着极其重要的的作用，充分体现了其科技的先进性，操作的人性化，投资回报的高效性，成为先进的节水和水回用技术的代表。

美能材料科技有限公司以其优质的 PVDF 中空纤维超滤膜为电力、石化、化工和等行业提供了众多超滤膜材料、组件和系统，它们在污水处理、饮用水生产、海水淡化、食品工业等项目中发挥了非常显著的经济、环保和社会效益。

6.1 中国福建某大学污水回用项目



处理水量：5000 T/D

处理工艺：达标排放水 → 预处理 → CMF → 回用

进水水质：COD <60 mg/l BOD<10 mg/l SS<20 mg/l 油<10 mg/l

出水水质：COD <20 mg/l BOD< 1 mg/l SS<0.1 mg/l 油<1 mg/l

6.2 中国江苏某开发区污水处理厂污水回用项目





美能 MEMSTAR

处理水量：25000 T/D

背景：某开发区目前有 44 家化工企业，污染物成分多达 259 种，处理难度极大；加之原先的污水处理厂工艺滞后，出水 COD 等 3 种主要污染指标全部超标。为顺应国家节能减排工作，开发区积极整改，决定新建一个日处理能力达 10 万吨的污水处理厂。新厂计划分两阶段进行，前期 25000 T/D 采用先进的 MBR 技术，实现污水的稳定处理并直接回用于开发区内的企业，节省占地、降低运行管理费用的目标。

处理工艺：进水→ 混凝 → 沉淀 → 厌氧池 → 缺氧池 → 好氧池 → MBR（膜池）→ 回用

进水水质：COD<2000 mg/l　BOD<500mg/l　NH_3-N<30mg/l　总磷<5mg/l　SS<120 mg/l　油<10 mg/l

出水水质：COD<80 mg/l　BOD<5 mg/l　NH_3-N<5mg/l　总磷<0.5mg/l　SS<0.1 mg/l　油<1 mg/l

6.3　中国某石化分公司污水回用项目



处理水量：7200 T/D

处理工艺：假定净水 → 预处理 → CMF → RO → 冷却循环水系统

进水水质：COD <100 mg/l　SS<20 mg/l　油<50 mg/l

出水水质：COD <2 mg/l　SS<0.5 mg/l　油<1 mg/l

6.4　中国某石化分公司 PTA 及炼油污水处理回用项目



美能
MEMSTAR

处理水量：21600 T/D

背景：石化 PTA 污水原采用传统活性污泥法两级曝气好氧生物处理工艺，日处理量为 5000m3。共建有一级曝气池 10 座、二级曝气池 8 座和一曝沉淀池、二曝沉淀池各两座。由于生产过程的变化，来水水质变化较大，直接导致了处理出水不稳定，污泥流失、出水水质恶化等问题时有发生。企业希望通过采用 MBR 技术实现污水的稳定处理并直接回用于冷却循环水系统、削减曝气池数量、节省占地、降低运行管理费用的目标。

处理工艺：PTA 污水 → 预处理 → 缺氧池 → **MBR** → 回用

进水水质：COD <5000 mg/l BOD<500mg/l NH_3-N<30mg/l SS<20 mg/l

出水水质：COD <50 mg/l BOD<5mg/l NH_3-N<1mg/l SS<0.5 mg/l

6.5 中国某石化分公司己内酰胺污水处理项目



处理水量：7200 T/D

背景：先后由多家公司采用 A/O 法和厌氧+曝气生物滤池法等工艺进行处理，但均因实际处理达不到要求，而且系统经受不了有机物和氨氮的冲击负荷，于 2003 年初被迫停止运行。针对上述情况，采用膜生物反应器技术对其污水处理系统进行了改造，实现了该企业污水处理系统的稳定运行与达标排放。

处理工艺：污水 → 预处理 → MBR →达标排放

进水水质：COD <3000 mg/l BOD<650mg/l NH_3-N<150mg/l SS＜150 mg/l 浊度＜150 NTU

出水水质：COD <50 mg/l BOD<10mg/l NH_3-N<1.5mg/l SS＜1 mg/l 浊度＜0.3 NTU

美能 MEMSTAR

6.6 中国江苏某炼油污水处理回用项目



处理水量：6000 T/D

处理工艺：污水 → 预处理 → MBR →回用

进水水质：COD <900 mg/l BOD<350mg/l NH_3—N< 50 mg/l SS＜200 mg/l 浊度＜150 NTU

出水水质：COD <50 mg/l BOD<5mg/l NH_3—N< 5 mg/l SS＜1 mg/l 浊度＜0.5 NTU

6.7 中国福建某软件园污水回用项目



处理水量：3200 T/D

处理工艺：达标排放水 → 预处理 → CMF →回用

进水水质：COD <60 mg/l BOD<10 mg/l SS<20 mg/l 浊度＜20 NTU

出水水质：COD <20 mg/l BOD< 1 mg/l SS<0.1 mg/l 浊度＜0.3 NTU

6.8 中国福建某电镀厂电镀废水回用项目



处理水量：1200 T/D

处理工艺：达标排放水 → 预处理 → CMF → 回用

进水水质：COD <60 mg/l BOD<10 mg/l SS<20 mg/l 浊度<20 NTU

出水水质：COD <20 mg/l BOD< 1 mg/l SS<0.1 mg/l 浊度<0.3 NTU

6.9 中国江苏某印染废水回用项目





处理水量：20000 T/D

处理工艺：达标排放水 → SBR → MCR → RO → 回用

进水水质：COD <800 mg/l BOD<300mg/l SS<250 mg/l

出水水质：COD <1 mg/l BOD<1mg/l SS<1 mg/l